

外乱オブザーバを併用した電気・油圧サーボ系のスライディングモード制御

武市教児^{*1}山田宏尚^{*2}武藤高義^{*2}Sliding Mode Control Using a Disturbance Observer
for an Electro-hydraulic Servo SystemKyoji TAKEICHI
Hironao YAMADA
Takayoshi MUTO**Key Words:** Fluid Power System, Roust Control, Sliding Mode, Disturbance observer

1. 緒 言

電気・油圧サーボ系は流量特性の不感帯や片ロッド形シリンダの左右受圧面の非対称性、制御弁の中立点ずれなどの非線形特性や外乱を内包しうするため、これらが大きく影響する場合、望みの応答特性を得ることは必ずしも容易ではない。このため、これらの問題に対してロバスト（頑強）な要素機器ならびに制御技術の開発が求められている。

本研究では、電気・油圧サーボ系およびそれにより構成駆動されるシステムを対象として、外乱オブザーバを併用したスライディングモード（SLM）制御の適用を試みた。本手法を適用した結果によれば、通常の SLM 制御を適用した場合に問題となるチャタリングや定常偏差を効果的に抑制でき、上述の油圧システムに内包される非線形特性や外乱に対して良好なロバスト性が得られることを実験的に確認した。

2. 電気・油圧サーボ系の SLM 制御²⁾

2.1 実験装置

対象とする実験装置の概略図を Fig.1 に示す。制御入力 U は SLM 制御アルゴリズムに基づいて演算され、D/A 変換器、サーボアンプを介してサーボ弁に入力され、制御弁を駆動する。このときの弁開度に応じた流量・圧力によってピストンが駆動される。

2.2 外乱オブザーバを併用した SLM 制御系

本研究では、外乱抑制入力として外乱オブザ

ーバによる推定外乱を適用した。Fig.2 に本制御系のブロック線図を示す。

2.3 実験結果

まず、提案法によるステップ応答の実験結果を Fig.3 に示す。この実験では、外乱として制御弁最大変位の 20% に相当する大きさの中立点ずれを与えた。切換え関数 σ の波形を見ると、 $t = 0.08\text{sec}$ 以降において良好なスライディングモード（ $\sigma = 0$ の状態）を発生しており、これに起因してピストン変位 Y は、定常偏差なく目標値に収束していることが分かる。次に、提案法及び野波らの手法（以下、従来法）による正弦波入力に対する応答を、それぞれ Fig.4(a), (b) に示す。

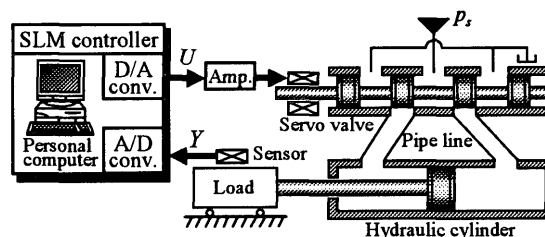


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

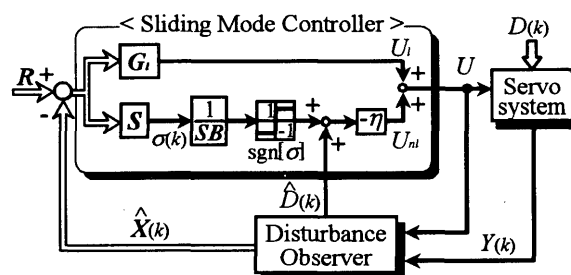


Fig.2 Block diagram of the proposed sliding mode control system

^{*1} (株) ニデック^{*2} 岐阜大学 工学部 機械システム工学科

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

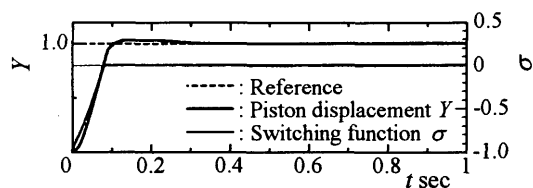


Fig.3 Step response in proposed system

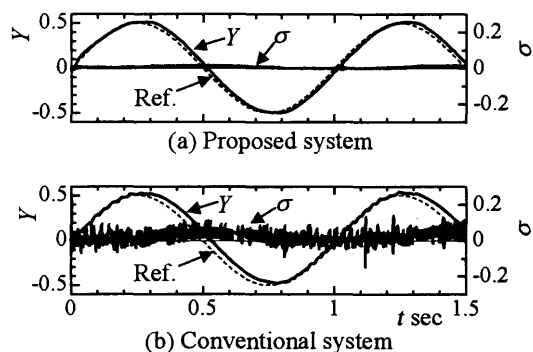


Fig.4 Experimental results of tracking control

この実験では、外乱として制御入力の定格値に対して 50%の大きさをもつステップ信号を制御入力に重畳させた。なお、従来法に対しては、外乱抑制入力を一定値で設定した。図(a)を見ると、提案法によれば、切換え関数 σ の波形は良好なスライディングモードを発生しており、これに起因しピストン変位 Y は良好な応答を示している。一方、従来法によれば、ピストンの伸び行程(図中、 $t=0\sim0.25$ 及び $t=0.75\sim1.25$ sec)において激しいチャタリング($\sigma=0$ を中心とする振動)が確認される。これは、片ロッドシリンダの左右受圧面積の非対称性に起因するものと考えられる。以上のことから、外乱影響下における提案法の有効性が確認された。

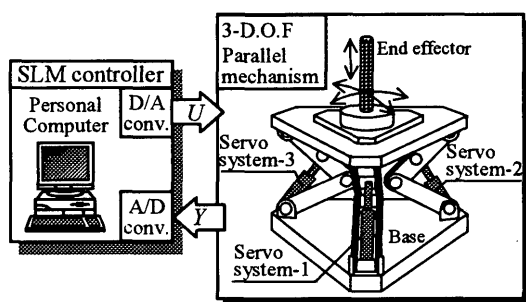


Fig.5 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 3軸パラレル機構のSLM制御³⁾

次に、提案法を3軸パラレル機構の軌跡制御に適用した場合の有効性を検討した。

3.1 実験装置

対象とする実験装置の概略図を Fig.5 に示す。本パラレル機構のエンドエフェクタは、3系統のサーボ系によって駆動され、ロール・ピッチ・ヒープの3動作を表現できる。

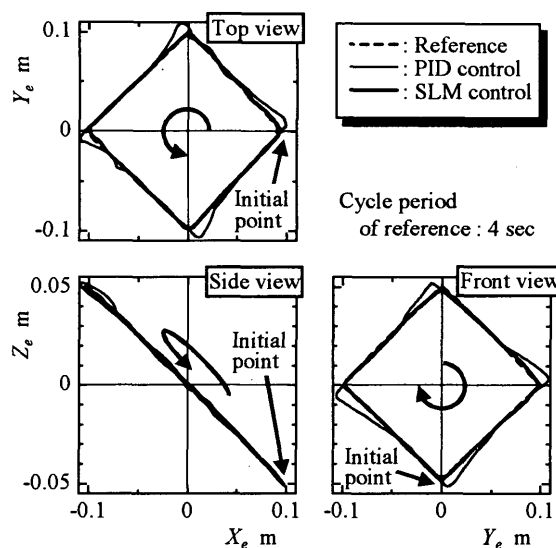


Fig.6 Experimental result of trajectory control

ここでは、各サーボ系に SLM 制御を適用し、エンドエフェクタ先端の軌跡制御を行う。また、本サーボ系では、無駄時間特性の影響により応答に振動を伴ったため、スミス法に基づく無駄時間補償器(以下、DT 補償器)を本 SLM 制御系に併用し、振動の低減を図った。

3.2 実験結果

軌跡制御の実験結果を Fig.6 に示す。図にはエンドエフェクタの応答軌跡を上・前・側面の3種の平面上に描いた結果である。なお、この実験では、外乱として各サーボ系に異なる大きさの制御弁の中立点ずれを与えている。側面図より、両制御法ともに外乱などの影響を良く抑制しているが、上面、前面図を見ると、PID 制御では目標軌跡の頂点に相当する部分においてオーバーシュートが発生しており、追従性が劣化している。これに対し、本 SLM 制御によれば、追従状況は大幅に改善され、良好な応答性能が得られていることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 田, 野波: 離散時間スライディングモード制御による弾性ロータ・磁気軸受系の高速回転時特性, 日本機械学会論文集(C編), 60-580, 4142/4148, (1994).
- 2) 武市, 山田, 武藤: 外乱オブザーバを併用した電気油圧サーボ系のスライディングモード制御, 日本油空圧学会論文集, 31-4, 91/98, (2000)
- 3) 武市, 山田, 武藤: 外乱オブザーバを併用した電気油圧サーボ系のスライディングモード制御(第2報: 油圧式3軸パラレルメカニズムのロバスト制御), 日本油空圧学会論文集, 32巻3号, pp.58-64(2001).